(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0019522
(43) 공개일자 2009년02월25일

(51) Int. Cl.
H04L 12/56 (2006.01) *H04L 12/54* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0084029
(22) 출원일자 2007년08월21일
심사청구일자 2007년08월21일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
이상근
서울 동대문구 제기2동 153 안암골 벽산아파트 101동 203호
백광진
서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연캠퍼스 아산이학관 226호
김종완
서울 성북구 장위1동 232-70 (2층)
(74) 대리인
현종철

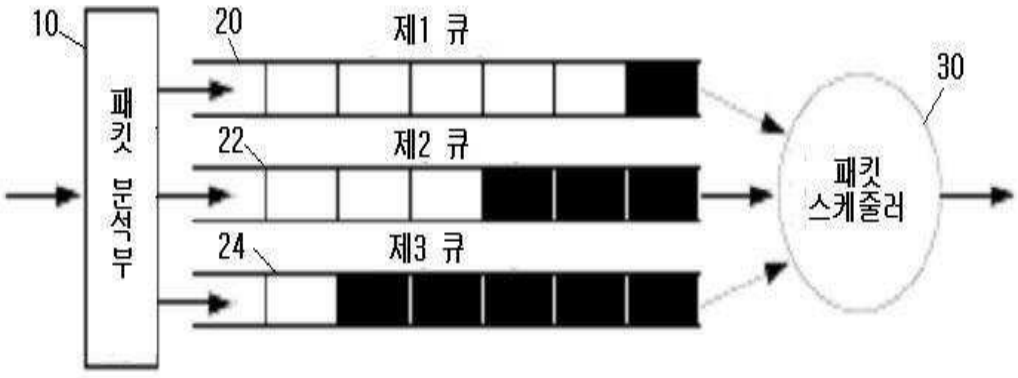
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템

(57) 요 약

본 발명은 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템에 관한 것으로서, 패킷 전송을 위한 전송 시간 주기와 경쟁 주기를 포함하는 슬롯 정보가 설정되는 단계와; 전송대상 패킷을 미리 설정된 우선순위에 따라 분류하여 해당 전송 큐에 저장하는 단계와; 현재 슬롯의 상기 전송 시간 주기를 할당받았는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 전송 시간 주기를 할당받지 아니한 경우, 상기 전송 큐에 우선순위 패킷이 존재하는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 우선순위 패킷이 존재하는 경우, 상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료되었는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료된 경우, 상기 우선순위 패킷의 전송을 시도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 의해, 에너지 소비를 최소화하고 채널 활용률을 높이는 한편, 서비스 품질(Quality of service, QOS)을 지원할 수 있다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

패킷 전송을 위한 전송 시간 주기와 경쟁 주기를 포함하는 슬롯 정보가 설정되는 단계와;

전송대상 패킷을 미리 설정된 우선순위에 따라 분류하여 해당 전송 큐에 저장하는 단계와;

현재 슬롯의 상기 전송 시간 주기를 할당받았는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 전송 시간 주기를 할당받지 아니한 경우, 상기 전송 큐에 우선순위 패킷이 존재하는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 우선순위 패킷이 존재하는 경우, 상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료되었는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료된 경우, 상기 우선순위 패킷의 전송을 시도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료된 경우, 상기 우선순위 패킷의 전송을 시도하는 단계는,

패킷 전송을 시도하는 다른 노드들이 전송하고자 하는 패킷의 우선순위를 확인하는 단계와;

다른 노드들보다 높은 우선 순위의 패킷이 존재하는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 다른 노드들보다 높은 우선 순위의 패킷이 존재하는 경우, 해당 우선순위의 패킷을 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 전송 시간 주기를 할당받은 경우, 상기 우선 순위와 상관없이 전송 큐의 패킷을 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 경쟁 주기인 경우, 패킷 전송을 시도하는 다른 노드들이 전송하고자 하는 패킷의 우선순위를 확인하는 단계와;

다른 노드들보다 높은 우선 순위의 패킷이 존재하는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 다른 노드들보다 높은 우선 순위의 패킷이 존재하는 경우, 해당 우선순위의 패킷을 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 패킷 전송을 위한 전송 시간 주기와 경쟁 주기를 포함하는 슬롯 정보가 설정되는 단계는,

각 노드가 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서에 따라 상기 패킷을 전송하는 주기인 데이터 프레임(DF)과, 모든 노드가 웨이크업(wakeup)하여 이웃 노드와 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서 정보를 교환하는 주기인 컨트롤 프레임(CF)을 포함하는 슈퍼 프레임을 통해 상기 슬롯 정보가 설정되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 데이터 프레임의 슬립/웨이크업 주기는,

상기 각 노드의 전송 대상 패킷의 유무에 따라 스케줄링 되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 우선 순위는,

QoS(Quality of service) 패킷, 높은 우선 순위 패킷(High priority packet), 낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet)의 순서로 우선 순위가 부여되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법.

청구항 8

우선 순위에 따라 분류된 복수개의 큐와;

패킷 데이터의 우선 순위를 분석하여, 상기 패킷 데이터를 해당 우선 순위에 대응되는 상기 각 큐에 저장하는 패킷 분석부와;

상기 각 큐에 저장된 패킷 데이터를 상기 우선 순위에 기초하여 전송하는 패킷 스케줄러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 복수개의 큐는,

QoS(Quality of service) 패킷 큐와;

높은 우선 순위 패킷(High priority packet) 큐와;

낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet) 큐를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 다수개의 센서 노드(node)가 다중 홉(multi-hop)으로 데이터를 전송하는 무선 센서 네트워크에서 패킷 데이터의 스케줄링 및 큐 관리를 제어하는 매체 접근 제어(medium access control) 프로토콜을 제공함으로써, 에너지 소비를 최소화하고 채널 활용률을 높이는 한편, 서비스 품질(Quality of service, QOS)를 지원할 수 있는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 특정 영역에서 발생하는 정보를 감지 및 수집하여 무선 통신 기법을 통해 사용자에게 전달하기 위해 설계된 네트워크이다. WSN은 분산된 영역에 걸쳐 각종 데이터를 수집하는 센서 노드가 데이터 기록, 관리 및 특정 정보를 원하는 사용자에게 전달하는 기능을 담당하는 수집 노드(sink node)에게 다중 홉(multi-hop)으로 데이터를 전송한다. 이에 WSN은 각 노드들이 상호 간의 라우팅으로 데이터 송수신 등의 통신 기능을 수행할 수 있도록 애드 혹 네트워크(ad-hoc network)의 형태로 구축되어, 기지국

이나 액세스 포인트의 도움 없이 노드 간 패킷 송수신이 가능하다.

<3> 이러한 WSN의 MAC(Medium Access Control)프로토콜은 직접 노드들의 RF(Radio Frequency) 모듈의 동작을 제어하므로, 제한된 무선 자원을 보다 많은 수의 노드들에 게 할당하기 위한 MAC 프로토콜은 전체 네트워크의 효율 및 성능에 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 부분을 차지한다.

<4> 이에, WSN 구축을 위해 센서 노드들을 제어하기 위한 다양한 MAC 프로토콜들이 제시되어 왔다. 종래의 MAC 프로토콜 방식으로는 크게, TDMA를 기반으로 한 중앙 집중형 방식과 CSMA를 기반으로 한 분산형 방식으로 구분할 수 있다. CSMA 방식은 센서 노드들이 제어 메시지를 교환하여 데이터를 경쟁적으로 전송함으로써 커버리지 확장에 용이하지만, 에너지 소모가 크다는 문제점이 있다. 반면에, TDMA 방식은 자신의 데이터 송수신 구간을 제외한 다른 영역에서 수면 모드로 전환됨으로 에너지 소비를 감소시킬 수 있으나, 수면 모드 주기에 따라 데이터 전송이 지연될 수 있다는 문제점이 있다.

<5> 이와 같이, 종래에 제안된 MAC 프로토콜 기술은, 에너지 효율을 향상시키기 위한 기술이나, 채널을 효과적으로 활용하기 위한 것으로서, 두 가지 사항 모두를 만족시킬 만한 MAC 프로토콜을 개시되어 있지 아니하다. 또한, 서비스 품질(Quality of service, 이하, QOS라 함)를 지원할 수 있는 기술에 대한 연구가 미흡한 상태이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 에너지 소비를 최소화하고 채널 활용률을 높이는 한편, 서비스 품질(Quality of service, QOS)을 지원할 수 있는 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<7> 전술한 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법은, 패킷 전송을 위한 전송 시간 주기와 경쟁 주기를 포함하는 슬롯 정보가 설정되는 단계와; 전송대상 패킷을 미리 설정된 우선순위에 따라 분류하여 해당 전송 큐에 저장하는 단계와; 현재 슬롯의 상기 전송 시간 주기를 할당받았는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 전송 시간 주기를 할당받지 아니한 경우, 상기 전송 큐에 우선순위 패킷이 존재하는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 우선순위 패킷이 존재하는 경우, 상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료되었는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 전송 시간 주기를 할당받은 노드의 패킷 전송이 완료된 경우, 상기 우선순위 패킷의 전송을 시도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<8> 그리고, 전술한 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템은, 우선순위에 따라 분류된 복수개의 큐와; 패킷 데이터의 우선 순위를 분석하여, 상기 패킷 데이터를 해당 우선 순위에 대응되는 상기 각 큐에 저장하는 패킷 분석부와; 상기 각 큐에 저장된 패킷 데이터를 상기 우선 순위에 기초하여 전송하는 패킷 스케줄러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<9> 본 발명의 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 방법 및 그 시스템에 의하면, 다수개의 센서 노드(node)가 다중 홉(multi-hop)으로 데이터를 전송하는 무선 센서 네트워크에서 패킷 데이터의 스케줄링 및 큐 관리를 제어하는 매체 접근 제어(medium access control) 프로토콜을 제공함으로써, 에너지 소비를 최소화하고 채널 활용률을 높이는 한편, 서비스 품질(Quality of service, 이하, QOS라 함)를 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<10> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공된다.

<11> 도 1은 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)의 구성을 예시한 것이다. 무선 센서 네트워크는 복수개의 노드들이 분산 배치되어 서로 통신을 수행하는 멀티 홉(Multi-Hop) 무선 네트워크로 구축된다. 도 1은 8개의 노드(노드A ~ 노드H)를 배치하여 네트워크를 구성하는 경우를 예시하고 있다. 각 노드(노드A ~ 노드H)에는

통신을 위한 슬롯 번호가 할당되는데, 노드에 할당되는 슬롯 번호는 난수 발생기, 예컨대, DRAND에 의해 설정될 수 있다. 이에, 도 1의 각 노드에 설정된 숫자는 해당 노드에 할당된 슬롯 번호이고, 괄호 안의 숫자는 두 홉(two-hop) 이웃 노드 내에서 최대 슬롯 번호 (MSN: maximum slot number)를 표시한 것이다. 이러한 무선 센서 네트워크에서, 본 발명은 모든 노드에 공평한 채널 접근 기회를 부여하기 위해 TDMA스케줄링 방식을 채용한다.

<12> 도 2는 도 1의 각 노드에 할당된 슬롯 번호 및 최대 슬롯 번호에 기초하여, 각 노드(노드A ~ 노드H)의 슬롯 스케줄링 상태를 도시한 것이다. 슬롯 상에서 회색 슬롯은 해당 노드가 전송 가능하고, 검은색 슬롯은 빈 슬롯으로 아무 노드에도 할당 되지 않은 슬롯이다. 이에, 도 1의 무선 센서 네트워크에서, 최대 슬롯 번호는 6이다. MSN 프레임은 스케줄 된 TDMA 프레임 (STF: scheduled TDMA frame)의 형태로 정의될 수 있다. 그리고, 전체 노드의 시간 동기화에는, 시간 동기화 기법은 센서 네트워크를 위한 시간 동기화 프로토콜(Timing-sync Protocol for Sensor Network: 이하, "TPSN"이라 약칭함)이 사용될 수 있다.

<13> 도 3은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템의 다중 큐 시스템의 구성도이다. 다중 큐 시스템은 우선 순위에 기반한 패킷 재정렬을 수행함으로써, 우선 순위가 높은 패킷이 적절한 시간 내에 노드에 도착할 수 있도록 한다.

<14> 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템에서, 송수신 되는 패킷에는 각각 우선 순위가 설정되며, 우선 순위 설정 방법은 시스템 구성에 따라 다양하게 구현될 수 있다. 예컨대, MAC 프로토콜에서 각 패킷에 우선 순위를 설정하거나, 또는, 그 상위 프로토콜에서 우선 순위를 설정하고, 우선 순위의 식별 정보를 위해 패킷에 두 비트(bits) 정도의 정보를 추가시켜 구성하는 것이 가능하다. 이하 설명에서는, 송수신 되는 패킷에 QoS(Quality of service) 패킷, 높은 우선 순위 패킷(High priority packet), 낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet)의 순서로 우선 순위가 부여된 경우를 예시하기로 한다.

<15> 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템에서 각 노드는 도 3에 도시된 다중 큐(multi-queue)(20, 22, 24)를 포함하여 우선 순위가 부여된 패킷을 재정렬한다. 이를 위해, 각 노드는, 도 3에 도시된 바와 같이 패킷 데이터의 우선 순위를 분석하여 해당 우선 순위에 대응되는 큐에 저장하는 패킷 분석부(10)와, 우선 순위에 따라 분류된 복수개의 큐(20, 22, 24)와, 각 큐에 저장된 패킷 데이터를 전송하는 패킷 스케줄러(30)를 포함한다.

<16> 패킷 분석부(10)는 노드에 수신된 패킷을 분석하여 이를 미리 설정된 우선 순위, 즉, QoS 패킷, 높은 우선 순위 패킷(High priority packet), 낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet)에 따라 분류하고, 분류된 패킷을 해당 큐(20, 22, 24)로 전달한다. 패킷 분석부(10)는 각 패킷에 부여된 우선 순위 정보, 예컨대, 두 비트의 식별 정보를 확인하여 해당 패킷의 우선 순위를 확인할 수 있다.

<17> 큐(20, 22, 24)는, 제1 큐(20), 제2 큐(22), 제3 큐(24)로 복수개 구비되어, 각 우선 순위의 패킷이 분류 저장된다. 제1 큐(20)는 가장 높은 우선 순위를 갖는 QoS 패킷이 저장되는 큐이고, 제2 큐(22)에는 높은 우선 순위 패킷(High priority packet)이 저장되며 제3 큐(24)에는 낮은 우선 순위 패킷(Low priority pcket)이 저장된다. 여기서, 큐는 설정된 우선 순위에 따라 다양한 수로 마련될 수 있다.

<18> 패킷 스케줄러(30)는 각 큐(20, 22, 24)에 저장된 패킷을 우선 순위에 따라 전송한다. 이에, 패킷 스케줄러(30)는 높은 우선 순위를 갖는 큐에서 패킷을 선택하여 다음 노드로 패킷을 전송한다.

<19> 도 4는 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템의 슈퍼 프레임의 구성도이다. 슈퍼 프레임은 채널에 대한 접근을 시간 축으로 표현한 것으로서, 본 시스템의 슈퍼 프레임(SF)은 데이터 프레임 (DF: data frame)과 컨트롤 프레임 (CF: control frame)의 두 서브 프레임 (sub-frame)으로 구성된다.

<20> 데이터 프레임(DF) 주기 동안, 각각의 노드는 자신의 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서에 따라, 패킷의 우선 순위에 기초하여 경쟁(contention) 기반으로 데이터 패킷을 전송한다. 데이터 프레임(DF)은 TD크기를 갖는 N개의 슬롯으로 구성된 스케줄 된 TDMA 프레임 (STF: scheduled TDMA frame)의 형태로 전송된다. 여기서, 슬롯은 하나의 패킷 전송을 나타내는 용어로 정의하기로 한다.

<21> 컨트롤 프레임(CF) 주기 동안, 모든 노드는 웨이크업(wakeup)하여 이웃 노드와 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서 정보를 교환한다. 이러한 컨트롤 프레임(CF)은 TC 크기의 슬롯들로 구성될 수 있다.

<22> 이러한 슈퍼 프레임(SF) 구성에 따라, 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템은, 컨트롤 프레임(CF) 주기 동안 각 노드 간 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서 정보를 교환하고, 데이터 프레임(DF) 주기 동안 각 노드에 설정된 슬립/웨이크업(sleep-wakeup) 순서에 따라 경쟁(contention) 기반으로 패킷 데이터를 전송한다.

<23> 슈퍼 프레임(SF)의 데이터 프레임(DF)은 TD크기를 갖는 N개의 슬롯으로 구성된다. 여기서, 슬롯은 하나의 패킷

전송을 나타내며, 타임 슬롯 TD의 크기는 하나의 패킷을 전송하기에 충분할 만큼 길다. 이러한, 데이터 프레임(DF)을 구성하는 각 슬롯의 상세 구조는 도 5에 도시된 바와 같다.

<24> 도 5는 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템의 슬롯구조 및 패킷의 경쟁 주기(Contention period, CP)를 도시한 것이다.

<25> 도 5에 도시된 바와 같이, 경쟁주기(CP)는 노드가 전송하고자 하는 패킷의 우선 순위에 따라, P1시간, P2시간, P3시간의 순서로 패킷 전송 시간이 할당된다. 즉, P1시간은 QoS 패킷을 위한 것이고, P2와 P3는 각각 높은 우선 순위 패킷(High priority packet)과 낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet)을 위한 시간이다. 이에, 복수개의 노드가 패킷 전송을 위해 경쟁하는 경우, 우선 순위가 높은 패킷을 갖는 노드가 우선적으로 패킷을 전송하게 된다.

<26> 하나의 패킷을 전송하기 위해, 송신 측 노드와 수신 측 노드는, 경쟁 윈도우(Contention Window, CW), 전송요청메시지(Request-To-Send, RTS), 전송허락메시지(Clear-To-Send, CTS), 데이터(DATA), ACK(Acknowledgement)메시지 순서로 신호를 교환한다. 경쟁 윈도우(CW)는 각 노드 간 충돌의 확률을 줄이기 위한 것으로서, 백오프 카운터(backoff counter)를 설정하기 위해 정해지는 소정의 값이다. 노드는 경쟁 윈도우(CW)를 이용하여 백오프 카운터를 설정하고 채널이 기준 시간만큼 비사용중(idle)임을 검출하면 백오프 카운터를 감소시키며, 그 값이 0이 되면 패킷 전송을 시도한다.

<27> 패킷 전송을 위해, 송신 측 노드는 수신 측 노드로 전송요청메시지(RTS)를 전송하고, 전송요청메시지(RTS)를 전송받은 수신 측 노드는 송신 측 노드로 전송허락메시지(CTS)를 전송한다. 전송허락메시지(CTS)가 수신되면 송신 측 노드는 패킷 데이터(DATA) 전송을 시작하고, 이에, 수신 측 노드는 데이터를 수신하여 정상적으로 수신 완료될 시에 ACK(Acknowledgement)메시지를 송신 측 노드로 전송함으로써, 정상적으로 데이터 전송이 완료되었음을 알린다.

<28> 여기서, 본 발명은 경쟁주기(CP)에 기초하여 현재 슬롯의 소유자인지 여부와 전송하고자 하는 패킷의 우선 순위에 따라 패킷을 전송할 수 있다. 경쟁주기(CP)는 노드가 전송하고자 하는 패킷의 우선 순위에 따라, P1시간, P2시간, P3시간의 순서로 패킷 전송 시간이 할당된다. 즉, P1시간은 QoS 패킷을 위한 것이고, P2와 P3는 각각 높은 우선 순위 패킷(High priority packet)과 낮은 우선 순위 패킷(Low priority packet)을 위한 시간이다.

<29> 또한, 각기 우선 순위가 설정된 P1, P2, P3 시간 내에서도, 소유자가 지정되는 패킷 전송 시간 주기인 T0, T2, T4와, 소유자가 지정되어 있지 아니한 경쟁 주기인 T1, T3, T5으로 구분되어 있다.

<30> 전송 시간 주기인, P1 슬롯의 T0시간, P2 슬롯의 T2시간, P3 슬롯의 T4시간은 해당 슬롯의 소유자가 접근하여 패킷을 송신할 수 있다. 그리고, P1 슬롯의 경우 QoS패킷이 할당되어 있기 때문에, P1슬롯의 소유자이면서 QoS 패킷을 가지고 있을 경우에만 T0시간 동안 백오프(Backoff)를 수행할 수 있다. 해당 슬롯의 소유자가 아닌 노드는 T0시간 동안 캐리어가 감지되면 현재 슬롯을 포기한다. 채널을 이미 누군가가 사용중일 경우, 슬롯의 소유자는 채널이 사용 가능할 때까지 대기하여 백오프를 반복 수행하며, P1, P2, P3의 시간에서 전송요청메시지(RTS)를 전송할 수 있다. 한편, 현재 슬롯에 소유자가 없거나, 소유자가 전송할 데이터가 없는 경우, 소유자가 아닌 다른 노드가 해당 슬롯을 사용할 수 있다.

<31> 경쟁 주기인 P1 슬롯의 T1시간, P2 슬롯의 T3시간, P3 슬롯의 T5시간은 소유자가 지정되어 있지 아니함으로 각 노드들이 경쟁하여 해당 시간에서 패킷을 송신할 수 있다.

<32> 이러한 구성에 따라, 본 발명은 스케줄 된 TDMA 프레임(STF: scheduled TDMA frame) 방식에 의해 공평하게 대역폭이 분해되고, 우선 순위 경쟁주기(CP) 방식에 의해 빈 슬롯은 활용하도록 할 수 있다.

<33> 패킷을 전송하고자 하는 노드는 현재 슬롯이 자신의 슬롯인지 확인하고, 자신의 슬롯인 경우 백오프 타이머(Timer)가 완료되면 CCA (Clear Channel Assignment)를 수행하여 패킷을 전송한다. 여기서, 채널을 누군가 사용 중일 경우, 현재 슬롯의 소유자는 채널이 사용 가능할 때까지 기다리면서 위의 절차를 반복하며 P1, P2 또는 P3의 시간에서 RTS (Request To Send)를 전송한다.

<34> 그리고, 소유자가 아닌 노드들은 T0 시간 동안 캐리어 (Carrier)를 감지하면 현재 슬롯을 포기한다. 그런데, 현재 슬롯에 소유자가 없거나 소유자가 전송할 데이터가 없는 경우, 소유자가 아닌 노드가 그 슬롯을 사용할 수 있다.

<35> 한편, 현재 슬롯의 소유자인 노드는 우선 순위 패킷을 가지고 있지 아니하고, 슬롯의 소유자가 아닌 노드가 우

선 순위가 높은 QoS패킷을 가지고 있을 경우 그 제어방법은 다음과 같다.

<36> 슬롯의 소유자는 아니지만 우선 순위가 높은 QoS패킷을 가진 노드는 T1 시간 동안 랜덤 (Random) 백오프를 수행한다. 충돌 (Collision)이 발생하면 노드는 위의 절차를 반복하며 T1, P2, P3 시간 동안 CCA를 수행할 수 있다. P1 시간은 QoS 패킷을 위한 것이며 P2와 P3는 각각 높은 우선 순위 패킷 (High priority packet)과 낮은 우선 순위 패킷 (Low priority packet)을 위한 시간이다. 만약 낮은 우선 순위 패킷을 가지고 있는 노드가 더 높은 우선 순위 패킷을 위한 CP 구간에서 다른 노드의 캐리어를 감지한다면 즉, 다른 노드가 더 높은 우선 순위 패킷을 전송하려 한다면 노드B는 현재 슬롯을 포기한다. 다른 우선 순위 구간에서도 동일한 알고리즘이 적용된다.

<37> 이와 같이, 본 발명은 스케줄 된 TDMA 프레임(STF: scheduled TDMA frame) 방식에 따라 각 노드에 채널을 공평하게 할당하고, 우선 순위 패킷을 갖는 노드의 경우 할당된 슬롯에 상관없이 경쟁주기(CP) 방식에 따라 빈 슬롯을 이용하여 우선적으로 패킷을 전송할 수 있도록 하고 있다.

<38> 도 6은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 방법의 흐름도로서, 슬립-웨이크업(sleep-wakeup) 스케줄링 방법을 도시한 것이다. 에너지의 낭비 없이 좋은 처리 성능을 구현하기 위해 슬립-웨이크업(sleep-wakeup) 스케줄이 네트워크 트래픽에 적응해야 하는 것은 중요한 사항이다.

<39> 각 노드는 슬립-웨이크업(sleep-wakeup) 스케줄링을 위한 문자열(S)을 생성한다(S10). 여기서, 문자열은 0, 1의 비트 조합으로 구성되며, 0은 해당 슬롯에 슬립(sleep)하는 것을, 1은 해당 슬롯에 웨이크업(wakeup) 하는 것으로 설정하기로 한다. 이하 설명에서, 노드 i의 문자열은 S^i로 표시하고, 노드 i 문자열의 j번째 비트는 S^i_j로 표시하기로 한다.

<40> 초기에 네트워크의 모든 노드는 문자열(S)의 첫 번째 비트를 1로 생성한다($S^i_1 = 1$). 즉, 모든 문자열은 "1"로 시작하여 초기의 모든 노드는 웨이크업 상태로 설정된다(S12).

<41> 이 후 노드에서는 현재 전송할 데이터가 있는지 여부를 확인한다(S14).

<42> 확인 결과, 노드 i가 전송할 데이터가 있을 경우, 비트 문자열(S)은 1로 설정된다(S^i_{j+1} =1)(S16).

<43> 그리고, 노드 i가 전송할 데이터가 없을 경우, 비트 문자열(S)은 0으로 설정된다(S^i_{j+1} =0)(S18). 즉, 전송할 데이터가 없는 경우 슬립상태로 설정되는 것이다.

<44> 문자열(S)의 j+1번째 비트의 설정이 완료되면, 전체 문자열(S)의 길이가 데이트 프레임(DF)의 슬롯 개수(N)보다 같거나 큰지를 확인한다(S20)

<45> 전체 문자열(S)의 길이가 데이트 프레임(DF)의 슬롯 개수(N)보다 작은 경우, 노드에서는 다시 전송할 데이터가 있는지 여부를 확인하여 데이터 유무에 따라 0 또는 1을 생성하는 과정을 반복한다.

<46> 그리고, 전체 문자열(S)의 길이가 데이트 프레임(DF)의 슬롯 개수(N)보다 같거나 큰 경우, 문자열(S)을 업데이트 하여 노드에 전송할 데이터가 생길 때까지 대기한다(S22). 여기서, 노드에 전송할 데이터가 생기면, 문자열(S)의 첫 번째 비트를 1로 설정하고(S^i_1 =1), 다시 문자열(S)의 길이가 데이트 프레임(DF)의 슬롯 개수(N)보다 같거나 큰 값이 될 때까지 데이터 유무에 따라 0 또는 1을 생성하는 과정을 반복한다.

<47> 이러한 구성을 갖는 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템인 S-MAC 방식의 패킷 데이터 통신 시스템을 시뮬레이션하여 그 결과를 비교하기로 한다. 도 7 내지 도 9는 시뮬레이션 결과 그래프로서, 5*5 격자 모양 네트워크에서 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 S-MAC 방식의 패킷 데이터 통신 시스템을 시뮬레이션 소프트웨어인 NS2(Network Simulation version 2)를 사용하여 실험한 것이다. 실험에서 소스(Source)는 다른 시간 주기로 CBR(Constant bit rate) 데이터를 전송 계층 프로토콜 UPD(User Datagram Protocol) 패킷으로 생성한다. 실험은 1500초 동안 실행하였으며, 시뮬레이션에 사용된 설정 값은 다음의 <표>와 같다.

<48> <표>

<49>

파라 미터(Parameter)	설정값
초기 에너지 (Initial energy)	100 Jloules
전송 전력 (Transmission power)	0.5 Watts
수신 전력 (Receiving power)	0.3 Watts
휴지 전력 (Idle power)	0.05 Watts
메시지 길이 (Message length)	100 bytes
밴드 폭 (Bandwidth)	19.2 Kbps
슬롯 소유하지 않을 경우 경쟁 윈도우 (Non-owner contention window size)	32 slots
슬롯 소유 시 경쟁 윈도우 (Owner contention window size)	8 slots
슬롯 당 경쟁 윈도우 기간 (Contention window per-slot duration	400㎲
TD 슬롯 크기 (TD slot size)	50ms
TC 슬롯 크기 (TC slot size)	10ms
데이터 프레임의 슬롯 개수 (The number of slots in DF)	64

<50> 도 7은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 소비 에너지를 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

<51> 그래프 상의 커브는, 트래픽량의 변화에 따른 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템과 S-MAC 시스템의 에너지 사용량을 표시하고 있다. 그래프의 상단에 표시된 커브는 S-MAC 시스템의 에너지 사용량이고, 하단의 커브는 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템의 에너지 사용량이다.

<52> 그래프 상에서 확인할 수 있듯이, 모든 트래픽 상태에 대해, 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템이 S-MAC 시스템보다 적은 량의 에너지를 소모함을 확인할 수 있다.

<53> 도 8은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 데이터 처리량을 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

<54> 그래프 상의 커브는, 트래픽량의 변화에 따른 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템과 S-MAC 시스템의 데이터 처리량을 표시하고 있다. 그래프의 상단에서 시작되는 커브는 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템의 에너지 사용량이고, 하단의 커브는 S-MAC 시스템의 에너지 사용량이다.

<55> 그래프 상에서 확인할 수 있듯이 트래픽이 적을 경우, 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템과 S-MAC 시스템의 데이터 처리량이 동일함을 알 수 있다. 이는 S-MAC 시스템의 슬립(sleep)시간은 트래픽 흐름에 영향을 미치지 않기 때문이다.

<56> 그러나, 트래픽이 많은 경우, 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템은 데이터 처리량이 향상되는 반면, S-MAC 시스템의 슬립 시간은 데이터 전송을 지연시켜 트래픽의 흐름을 방해한다.

<57> 도 9는 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 전송 지연 시간을 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

<58> 그래프 상의 커브는, 트래픽량의 증가에 따른 패킷 지연 시간을 표시하고 있다. 그래프의 제일 상단의 커브는 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템에서 우선 순위가 가장 낮은 패킷인 낮은 우선 순위 패킷의 커브이고, 두 번

째 커브는 S-MAC 시스템의 커브이며, 세 번째 커브는 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템의 높은 우선 순위 패킷의 커브이다. 그리고, 최하단의 커브는 가장 우선 순위가 높은 패킷인 QoS패킷의 커브를 표시하고 있다.

<59> 그래프 상에서 확인할 수 있듯이, 본 발명의 패킷 데이터 통신 시스템은 패킷의 우선 순위에 따라 차별적인 서비스를 제공하여, 중요한 정보, 즉, QoS 패킷과 높은 우선 순위 패킷의 지연 시간을 감소시키고 있다. 특히, QoS 패킷의 경우 S-MAC 시스템보다 지연 시간이 현저히 감소됨을 확인할 수 있다.

<60> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 TDMA 스케줄링 방식을 기반으로 하여 에너지 효율을 향상시키는 한편, 경쟁 주기(Contention period, CP)를 설정하고 복수개의 큐(queue)를 이용하여 전송되는 패킷의 우선 순위에 따라 패킷 전송을 차별화함으로써, 에너지 효율과 채널을 효율을 향상시키는 동시에, 서비스 품질(Quality of service, 이하, QOS라 함)까지 지원할 수 있도록 한다.

<61> 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

<62> 도 1은 무선 센서 네트워크의 구성도이다.

<63> 도 2는 도 1의 무선 센서 네트워크를 구성하는 각 노드의 슬롯 스케줄링 상태도이다.

<64> 도 3은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템의 다중 큐 시스템의 구성도이다.

<65> 도 4는 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템의 수퍼 프레임의 구성도이다.

<66> 도 5는 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 패킷 데이터 통신 시스템의 슬롯구조 및 패킷의 경쟁 주기를 도시한 것이다.

<67> 도 6은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 방법의 흐름도이다.

<68> 도 7은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 소비 에너지를 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

<69> 도 8은 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 데이터 처리량을 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

<70> 도 9는 본 발명에 따른 패킷 데이터 통신 시스템과 종래의 패킷 데이터 통신 시스템의 전송 지연 시간을 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

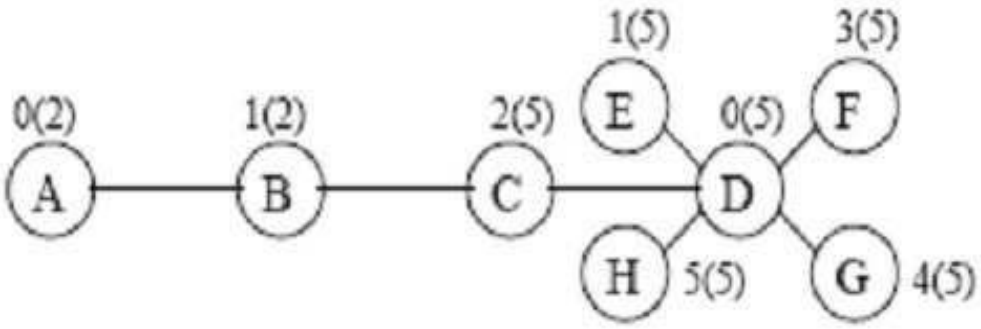
<71> *** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***

<72> 10 : 패킷 분석부 20, 22, 24 : 큐

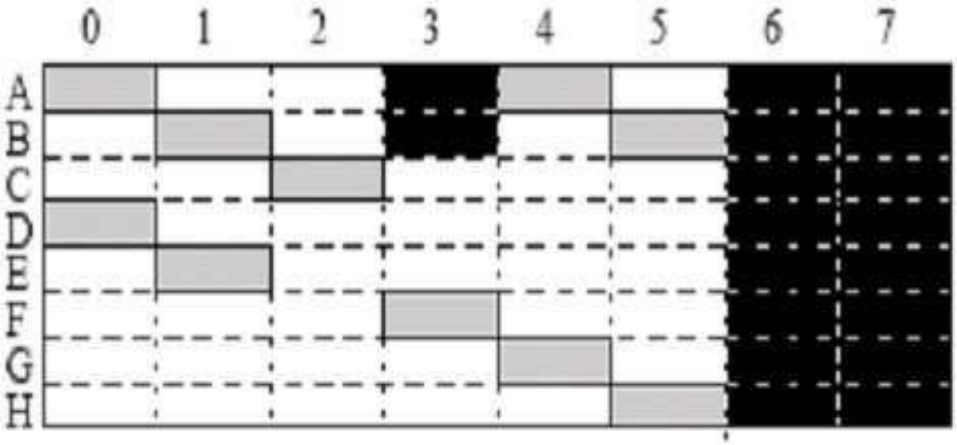
<73> 30 : 패킷 스케줄러

도면

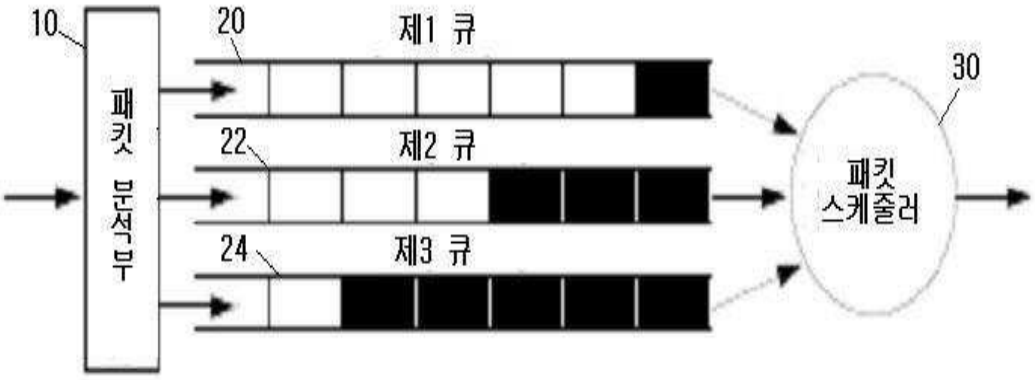
도면1



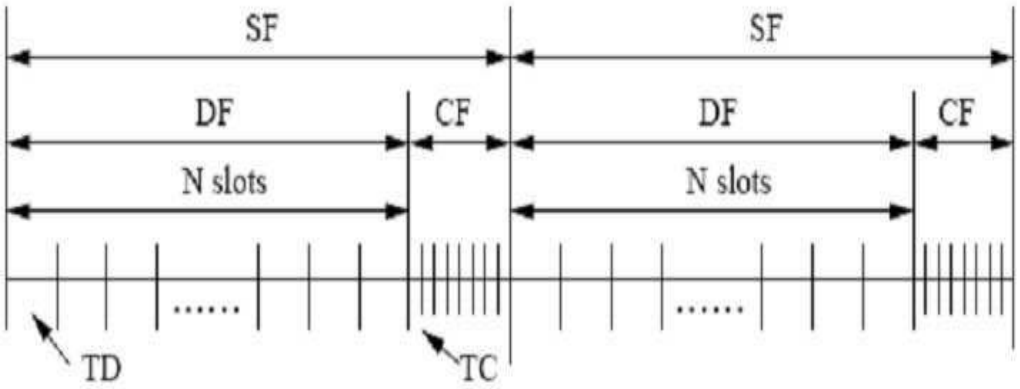
도면2



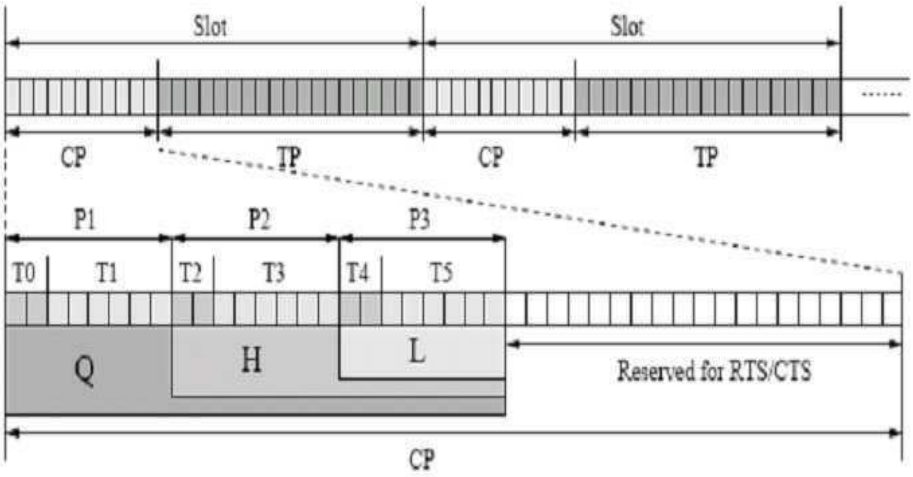
도면3



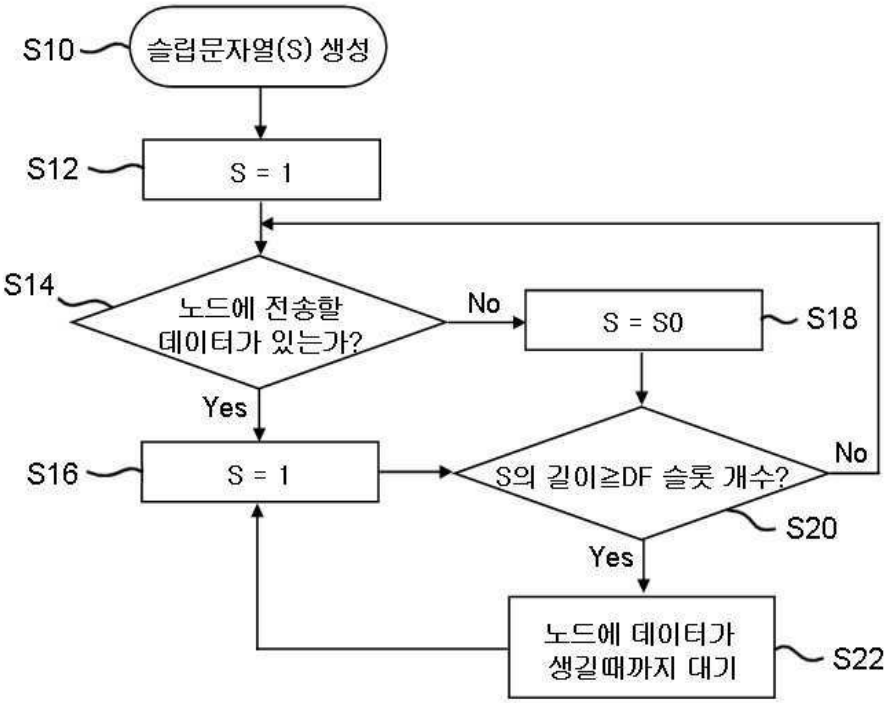
도면4


SF
SF
DF
CF
DF
CF
N slots
N slots
TD
TC

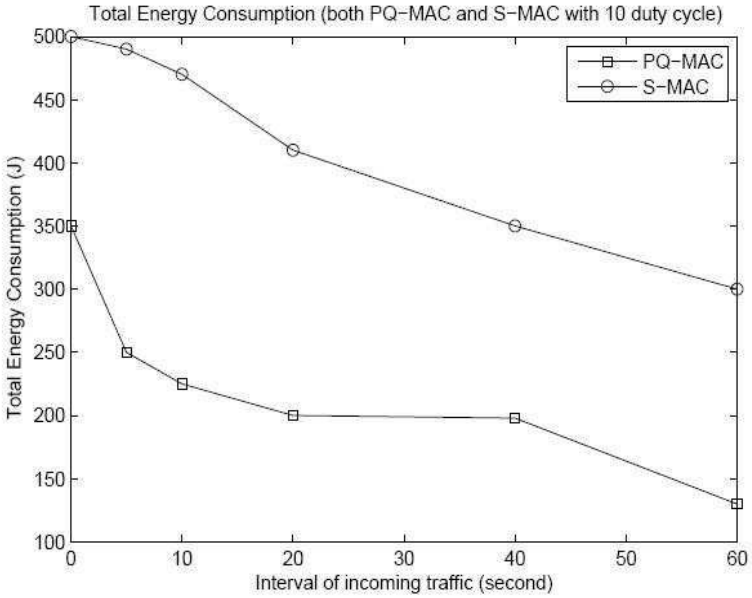
도면5


Slot
Slot
CP
TP
CP
TP
P1
P2
P3
T0
T1
T2
T3
T4
T5
Q
H
L
Reserved for RTS/CTS
CP

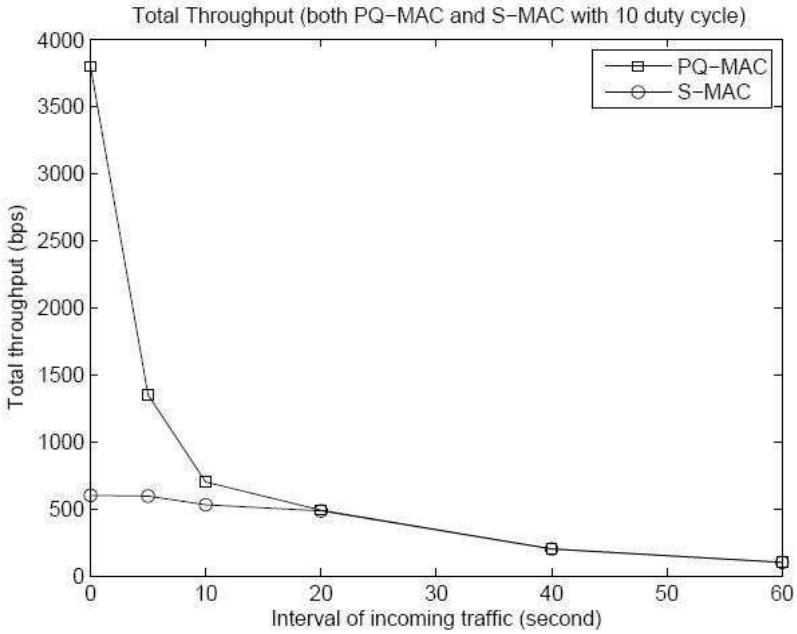
도면6


S10
슬립문자열(S) 생성
S12
S = 1
S14
노드에 전송할 데이터가 있는가?
No
S = S0
S18
Yes
S16
S = 1
S의 길이≥DF 슬롯 개수?
No
S20
Yes
노드에 데이터가 생길때까지 대기
S22

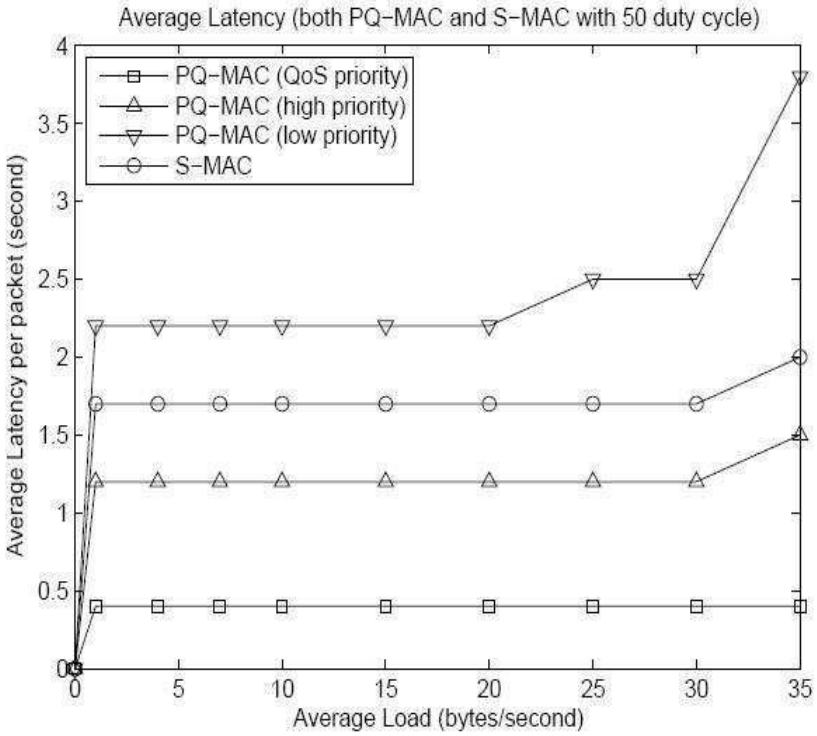
도면7


Total Energy Consumption (both PQ-MAC and S-MAC with 10 duty cycle)
PQ-MAC
S-MAC
Total Energy Consumption (J)
500
450
400
350
300
250
200
150
100
0
10
20
30
40
50
60
Interval of incoming traffic (second)

도면8


Total Throughput (both PQ-MAC and S-MAC with 10 duty cycle)
PQ-MAC
S-MAC
Total throughput (bps)
Interval of incoming traffic (second)
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
0
10
20
30
40
50
60

도면9


Average Latency (both PQ-MAC and S-MAC with 50 duty cycle)
PQ-MAC (QoS priority)
PQ-MAC (high priority)
PQ-MAC (low priority)
S-MAC
Average Latency per packet (second)
Average Load (bytes/second)
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
0
5
10
15
20
25
30
35